



University of **HUDDERSFIELD**

University of Huddersfield Repository

Herbst, Jan-Peter

Akkordstrukturen im verzerrten Rockgitarrenriff: Eine experimental-analytische Studie zur Auswirkung von physikalischen und psycho-akustischen Faktoren [Chord structures in the distorted rock guitar riff: An experimental and analytic study on the effects of physical and psychoacoustic factors]

Original Citation

Herbst, Jan-Peter (2017) Akkordstrukturen im verzerrten Rockgitarrenriff: Eine experimental-analytische Studie zur Auswirkung von physikalischen und psycho-akustischen Faktoren [Chord structures in the distorted rock guitar riff: An experimental and analytic study on the effects of physical and psychoacoustic factors]. Samples, 15. ISSN 1216-8001

This version is available at <http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/33249/>

The University Repository is a digital collection of the research output of the University, available on Open Access. Copyright and Moral Rights for the items on this site are retained by the individual author and/or other copyright owners. Users may access full items free of charge; copies of full text items generally can be reproduced, displayed or performed and given to third parties in any format or medium for personal research or study, educational or not-for-profit purposes without prior permission or charge, provided:

- The authors, title and full bibliographic details is credited in any copy;
- A hyperlink and/or URL is included for the original metadata page; and
- The content is not changed in any way.

For more information, including our policy and submission procedure, please contact the Repository Team at: E.mailbox@hud.ac.uk.

<http://eprints.hud.ac.uk/>

AKKORDSTRUKTUREN IM VERZERRTEN ROCKGITARRENRIFF. EINE EXPERIMENTELLE STUDIE PHYSIKALISCHER UND PSYCHOAKUSTISCHER FAKTOREN¹

Jan-Peter Herbst

1. Einleitung

Als die E-Gitarre in den 1920er und 30er Jahren als lautere Variante der akustischen Gitarre für die besser hörbare Begleitung in Big Bands eingeführt wurde, war noch nicht das Potenzial abzusehen, das sich aus dem neuen elektromagnetischen Tonerzeugungsverfahren ergeben sollte. Die Veränderungen waren nicht nur quantitativ im Sinne einer größeren Lautstärke, sondern gaben Anstoß zu einer qualitativen Weiterentwicklung, die mit den Möglichkeiten der neuen Verstärkungstechnologien auch zu neuartigen musikalischen Genres führte. Ursprünglich eine unerwünschte, aber kaum vermeidbare Begleiterscheinung von an ihre Leistungsgrenze gebrachten Röhrenverstärkern, wurde Verzerrung seit den 1950er Jahren zu einem konstitutiven Bestandteil des E-Gitarrenspiels in der Rockmusik. Bluesgitaristen wie B.B. King und Buddy Guy fingen an, solche Verzerrungen bewusst zu nutzen. Ermöglichte die Verzerrung zunächst vor allem neue Sounds für das Solospiel, veränderte sie spätestens mit der Entstehung der Rockmusik ab Mitte der 1960er Jahre auch das Rhythmuspiel. Die neuen Klangmöglichkeiten und -wirkungen waren ausschlaggebend für rockidiomatische Riffkonstruktionsweisen mit harmonisch vereinfachten Akkordstrukturen, die die

¹ Ich bedanke mich bei Prof. Dr. Christoph Reuter für die Feature-Analyse, eine reichhaltige Literatursammlung und die Unterstützung bei der Interpretation der Daten. Ferner danke ich Isabella Czedik-Eysenberg für die Programmierung des modifizierten Matlab Skripts.

Entwicklung des Rock und später Metal entscheidend prägten und noch heute Grundlage dieser Genres sind (vgl. Cope 2010; Elflein 2010).

Bislang existieren nur wenige Untersuchungen zur Gitarrenverzerrung und zu ihrem Einfluss auf die Musik. Obwohl sich Robert Walser (1993) in seiner Dissertation ausführlich mit der Musik des Heavy Metal auseinandersetzt, widmet er der Bedeutung der Gitarrenverzerrung nur einen Paragraphen (vgl. ebd.: 43). Ulrich D. Einbrodts *Experimentelle Untersuchungen zum Gitarrensound in der Rockmusik* (1997) liefern bis dato die detailliertesten Forschungsergebnisse zum Gitarrensound. Seine Forschungsinteressen betreffen zum einen die Identifizierung der »akustischen Elemente, die zur Entstehung des Sounds beigetragen haben« und zum anderen die systematische Darstellung der Entwicklung des Gitarrensounds in der Rockmusik bis 1980 (vgl. ebd.: 14). Psychologische und ästhetische Fragestellungen schließt Einbrodt grundsätzlich aus (vgl. ebd.). Die Methodik seiner Studie basiert auf zweidimensionalen Darstellungen von Schwingungsverläufen und Frequenzspektren isolierter Gitarrenaufnahmen. Diese sind sowohl in den experimentellen Untersuchungen als auch in der Analyse von Tonträgern stets auf Einzeltöne in Intros oder Breaks beschränkt, um Störfaktoren zu vermeiden (vgl. ebd.: 18ff.). Aufgrund der strikten Fokussierung auf die klanglichen Variablen einzelner Gitarrentöne sind weder melodische oder harmonische Parameter im Allgemeinen noch die akustischen und physikalischen Auswirkungen der Verzerrung auf rockmusikalische Kompositionsweisen Gegenstand von Einbrodts Studie. Die einzige Ausnahme ist ein kurzer Abschnitt über die Besonderheiten der Verzerrung bei mehrstimmigem Spiel (vgl. ebd.: 160-165). Anders als Einbrodt bestimmt Dietmar Elflein in seinen *Schwermetallanalysen* (2010) das Gitarrenriff zum zentralen Element der Analyse. Die Schwerpunkte liegen auf der Form und dem Rhythmus als den seiner Einschätzung nach vernachlässigten Parametern der bisherigen Metal-Forschung (vgl. ebd.: 76). Die »Klangfarbe« der Gitarren erachtet Elflein als stilistische Norm, die er allerdings der methodischen Herausforderungen wegen nicht im Detail untersucht (vgl. ebd.: 71f.).

Der Zusammenhang von Akustik, Psychoakustik und harmonisch-strukturellen Merkmalen der Riffkonstruktionsweise ist gegenwärtig ein weißer Fleck in den Rock- und Metal-Studies. Existierende Studien berücksichtigen maximal zwei dieser Aspekte. Beispielsweise untersucht Andrew L. Cope (2010) musiktheoretisch und höranalytisch die Abspaltung des Hard Rock und Heavy Metal anhand struktureller Merkmale der Riffkonstruktionsweisen von Led Zeppelin und Black Sabbath. Esa Lilja (2005, 2015) setzt sich in seinen Studien zum Akkordgebrauch im Heavy Metal vor allem musiktheoretisch mit den klanglichen Einflussfaktoren auseinander. Einen ausschließlich

psychoakustischen Fokus hat nur eine explorative Studie von Harris M. Berger und Cornelia Fales (2005), die der Frage der empfundenen »Härte« des verzerrten Rhythmusgitarrensounds nachgeht. Mit Produktionstechniken der Rock- und Metalgitarre beschäftigen sich Mark Mynett (2012) und Duncan Williams (2015), ohne dabei den Zusammenhang von Struktur, Sound und psychoakustischer Wirkung tiefgehend zu analysieren. In methodischer Hinsicht gibt es abgesehen von Lilja (2015) und Williams (2015) keine Studien mit dreidimensionalen Spektrogrammen, die mehrstimmiges und strukturell komplexeres Material differenziert auflösen können. Ebenso sind experimentelle Designs die Ausnahme (vgl. Einbrodt 1997; Lilja 2015).

Die vorliegende experimentelle Untersuchung basiert auf der Vorstellung, dass nur in der detaillierten Analyse der Wechselbeziehungen von Akustik, Psychoakustik und harmonisch-strukturellen Merkmalen die musikalische Praxis erklärt werden kann. Dahingehend soll der Frage nachgegangen werden, wie die akustischen und psychoakustischen Eigenschaften verzerrter Gitarrenklänge die Akkordzusammensetzung und Riffstruktur beeinflussen. Im Rahmen eines multimethodischen und interdisziplinären Ansatzes werden musikwissenschaftliche Erkenntnisse und psychoakustische Konsonanztheorien gegenübergestellt, wodurch Widersprüche aufgedeckt und Erklärungsmuster vorgeschlagen werden. Der Aufbau der Untersuchung ist dreigeteilt: Nach einer literaturgestützten experimentellen Annäherung an die Gitarrenverzerrung schließt sich eine dezidierte Analyse ihrer Auswirkung auf das Empfinden von Akkordstrukturen an. Darauf folgen drei kürzere Fallstudien von Hard Rock- und prototypikalischen Metal-Stücken der 1970er Jahre. Die Auswahl orientiert sich an bestehenden Studien (vgl. Berger/Fales 2005; Lilja 2005, 2015; Cope 2010; Elflein 2010). Die 1970er Jahre eignen sich besonders, weil sie für die Entstehung idiomatischer Spiel- und Kompositionsweisen wegweisend waren und sie weniger produktionstechnischen Manipulationen unterlagen als die Produktionen ab den 1980er Jahren (vgl. Mynett 2012; Williams 2015).

2. Methode

Untersuchungen zum Einfluss der Verzerrung auf die Gestaltung und Wahrnehmung des Gitarrenspiels bedürfen aufgrund ihrer Komplexität eines multimethodischen Ansatzes. Insbesondere erfordern sie eine Betrachtung der Wechselwirkung struktureller Parameter mit den Aspekten Klangfarbe und Klanggestaltung. Hierfür werden in dieser Studie neben höranalytischen Methoden computergestützte klanganalytische Verfahren als objektivierende

Mittel eingesetzt (vgl. Schneider 2002; Cook 2009). Klanganalysen ermöglichen wesentliche Eigenschaften zu erfassen, die für Spieltechnik, Phrasierung, Arrangement oder für die Wirkung relevant sind (vgl. Senn 2007) und nicht in der Notation abgebildet werden können. Dabei erlauben die eingesetzten dreidimensionalen Spektraldarstellungen (vgl. McAdams/Depalle/Clarke 2004) eine besonders genaue Betrachtung physikalischer Prozesse. Die Psychoakustik dient als wichtige Hilfsdisziplin, um die Zusammenhänge zwischen der physikalischen Zusammensetzung eines Klanges mit dem psychologisch wahrgenommenen Hörereignis zu erklären (vgl. Fricke/Louven 2009). Diesbezüglich wird als Analysewerkzeug *Music Information Retrieval* Technologie eingesetzt, um psychoakustische Charakteristika aus Audioaufnahmen auszulesen und zu vergleichen. Diese Feature-Analyse basiert auf den Open-Source Plugins für MathWorks Matlab: MIR-Toolbox (Lartillot/Toivainen 2007), TSM-Toolbox (Driedger/Müller 2014) und Loudness-Toolbox (Genesis 2009).

Um die Zusammenhänge zwischen Klang, Wirkung, Struktur und Spieltechnik unbeeinflusst von Interferenzen weiterer Instrumente und produktionstechnischer Bearbeitungen (Equalizer, Filter, Kompression) untersuchen zu können, wurden experimentelle Aufnahmen mit unterschiedlichen Verstärkereinstellungen analysiert. »Clean« bezeichnet einen unverzerrten, »Overdrive« einen mäßig verzerrten und »Distortion« einen stark verzerrten Sound.² Jede Aufnahme wurde zunächst ohne Verstärker direkt in ein Sequenzer-Programm (Apple Logic 9; Presonus Firepod Soundkarte) eingespielt, anschließend mit verschiedenen Einstellungen zur besseren Vergleichbarkeit über eine Re-Amping-Box (Palmer Daccapo), dasselbe Speaker Cabinet (Marshall 1960V) mit demselben Mikrofon (Shure SM 57) aufgezeichnet und auf eine einheitliche Lautstärke von -0.1 dBFS normalisiert. Orientiert an den originalen Tonaufnahmen wurde entweder eine Fender Stratocaster mit Singlecoil- oder eine Gibson Les Paul mit Humbucker-Tonabnehmern über einen Vollröhrenverstärker (Orange Dual Terror) im 15 Watt Class A Betrieb mit separat regelbarer Vorstufenverzerrung aufgezeichnet. Transistor- und Modelling-Technologien wurden nicht berücksichtigt, da sie während der Entstehung idiomatischer Rockgitarrensounds noch nicht existierten und sich ihre Wirkung von Röhrenverstärkern unterscheiden kann (vgl. Lemme 1995). Zwar existierten Re-Amping Boxen und digitale Geräte für die Musikproduktion zu der Zeit ebenfalls noch nicht, allerdings

2 In einigen Kontexten bezeichnen Overdrive und Distortion verschiedene Klangcharakteristika der Verzerrung. Die Hörbeispiele dieser Untersuchung wurden im selben Verstärkerkanal erstellt und unterscheiden sich lediglich im Grad der Verzerrung.

stellt dies kein methodisches Problem dar, weil die Färbung durch Re-Amping minimal ist und der digitale Klangeindruck alle experimentellen Vergleichsaufnahmen betrifft.

3. Funktions- und Wirkungsweisen verzerrter Gitarrensounds

Verzerrung ist eine »Sammelbezeichnung für jede Art der Klangverfälschung eines zu verstärkenden, zu übertragenden oder aufzuzeichnenden Signals« (Enders 1985: 269). Sie entsteht erstens durch die nichtlineare Übertragung der Tonabnehmer, Vor- und Endstufen, aber besonders des Lautsprechers, der bei Gitarrenverstärkern einen eingeschränkten Frequenzbereich von ca. 75 bis 5.000 Hz wiedergibt (vgl. Einbrodt 1997: 198). Der zweite und entscheidende Grund für die Verzerrung ist die gezielte Verstärkung des Klanges in den Bereich der Übersteuerung, die zu einer Modifikation der Wellenform führt. Leise Anteile werden angehoben, während die Pegelspitzen der Amplitude zunehmend abgeschnitten werden (vgl. Brabec de Mori 2008: 3). Das Signal wird komprimiert, leise Klanganteile wie Anschlagsgeräusche oder unharmonische Teiltöne werden lauter (vgl. Wandler 2012: 25) und der Ausschwingvorgang wird länger hörbar (vgl. Einbrodt 1997: 211). Durch zugefügte harmonische Obertöne erweitert sich der Frequenzbereich (vgl. Berger/Fales 2005: 184), der Geräuschanteil wird erhöht (vgl. Einbrodt 1997: 171/175) und der Klangcharakter des Instruments wird präsenter, druckvoller, rauer und aggressiver (vgl. Lemme 1995: 51f.).

Diese klanglichen Modulationsprozesse in Abhängigkeit vom Verzerrungsgrad sollen zunächst anhand des einzelnen Tons *E5* (659 Hz) experimentell untersucht werden, der vom *D5* (587 Hz) einen Ganzton nach oben gezogen und mit Vibrato verziert wird (Abb. 1). Mit dieser melodischen Phrasierung werden die Einschränkungen (quasi-)stationärer Klanganalysen methodisch umgangen (vgl. Reuter 2003). Außerdem entstehen keine Kombinations- und Differenzttöne bei Einzeltönen (vgl. Roederer 2000: 45ff.).

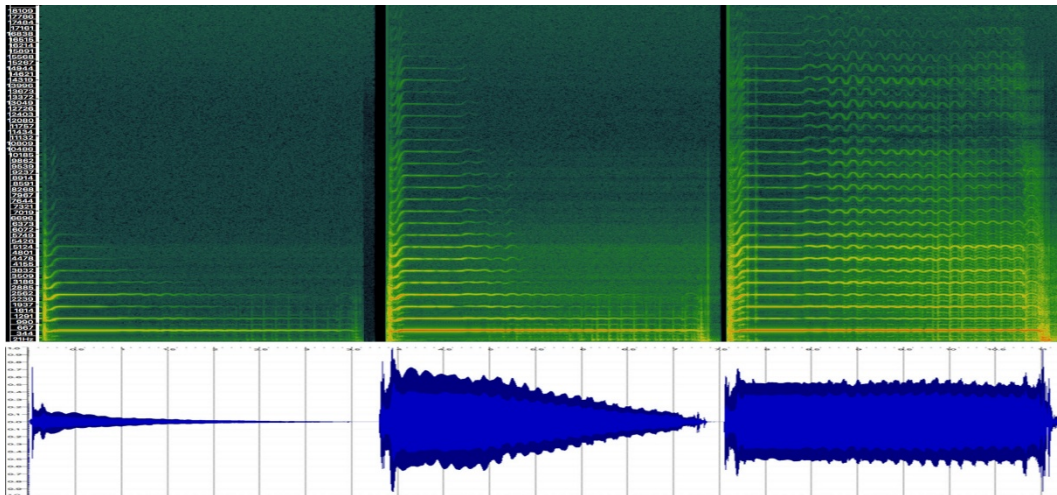


Abb. 1: Spektrogramme und Wellenformen des Tons *E5* (Les Paul). Links: Clean, Mitte: Overdrive, rechts: Distortion

Das Spektrogramm der Clean-Spur zeigt, dass der Grundton und die ersten drei Obertöne am lautesten sind und dass das Signal einen primären Frequenzbereich von zwei Oktaven ($E5 = 659 \text{ Hz}$ bis $E7 = 2.637 \text{ Hz}$) aufweist. Dagegen hat die Overdrive-Spur über die gesamte Ausschwingdauer betrachtet ein ähnliches Spektrum, allerdings erklingen anfänglich wesentlich mehr Obertöne, die in der Clean-Gitarre kaum oder gar nicht vorhanden sind. Gegenüber den ersten beiden Klangkonfigurationen unterscheidet sich die Distortion-Gitarre deutlich: Die bereits in der Overdrive-Gitarre andeuteten Obertöne sind in der Distortion-Aufnahme erheblich verstärkt und füllen ein Frequenzspektrum von knapp fünf Oktaven ($E5 = 659 \text{ Hz}$ bis $D10 = 18.323 \text{ Hz}$). Außerdem ist in beiden verzerrten Spuren ein verstärktes Verstärker-rauschen an den nichtperiodischen Punkten (vgl. Fricke/Louven 2009: 424) im Bereich bis ca. 5 kHz erkennbar, was dem Übertragungsbereich eines Gitarrenlautsprechers entspricht. Über diesem Frequenzbereich unterscheiden sich alle drei Aufnahmen nur unwesentlich in ihrer Art des Rauschens. Bemerkenswert ist nicht nur, dass trotz des eingeschränkten Frequenzbereiches Obertöne bis knapp 20 kHz durch starke Verzerrung wiedergegeben werden, sondern dass auch hohe Teiltöne wie $A9$ (13.290 Hz) mit -35 dB eine vergleichsweise nur geringfügig niedrigere Intensität wie der erste Oberton $E6$ (1.319 Hz) mit -25 dB aufweisen. Folglich kann eine Beschränkung der Analyse auf 10 kHz, wie sie Einbrodt (1997: 29/31) vornimmt, zum Ausschluss wesentlicher akustischer Phänomene führen.

Für die Klangwahrnehmung ist vor allem die Teiltonzusammensetzung von Bedeutung, denn die Anzahl und Lautstärken der Partialtöne entscheiden über die Klangfarbe. Nach John Pierce (1985: 30; Hervorhebung i. O.) setzen sich Klänge von Musikinstrumenten »aus vielen einzelnen *Partialtö-*

nen zusammen, wobei die *Frequenzkomponenten* in einem harmonischen Verhältnis stehen: f_0 , $2f_0$, $3f_0$, $4f_0$ und so fort.« Hierbei ist zwischen geradzahligen und ungeradzahligen Vielfachen zu unterscheiden. Geradzahlige Vielfache ($2f_0$, $4f_0$, $6f_0$ etc.) bilden zuerst vorwiegend Oktaven heraus, während ungeradzahlige Vielfache ($3f_0$, $5f_0$, $7f_0$ etc.) dem Klang anfänglich Quinte, Terz, kleine Septime und große Sekunde (in verschiedenen Oktavlagen) beimischen und dementsprechend mehr Dissonanz erzeugen. Dies ist für den Klangeindruck von Verstärkern und Spieltechniken relevant. In dem vorliegenden Ausschnitt sind gleichmäßig gerad- wie ungeradzahlige Vielfache verstärkt. Die Teiltonzusammensetzung des *E5* ($= 1f_0$, 659 Hz) entspricht der natürlichen Teiltonreihe, d. h. alle Partialtöne sind Harmonische des Grundtons. Ab dem neunten Oberton *G#8* (6.645 Hz) folgen die Teiltöne in chromatischen Halbtonabständen und einige lassen sich nicht mehr eindeutig einem Ton des wohltemperierten Systems zuordnen.

Ein großer Vorteil von Spektrogrammen gegenüber Wellenformdarstellungen ist die Möglichkeit, teiltonabhängige Kompressionseffekte zu veranschaulichen. Ein akustisches Grundprinzip ist, dass höhere Partialtöne im Ausschwingvorgang schneller verklingen (vgl. Roederer 2000: 140). Der Spektralvergleich der drei Aufnahmen zeigt, dass dieses Prinzip durch Verzerrung zunehmend außer Kraft gesetzt wird, wobei der Verzerrungsgrad entscheidend ist. Nur bei der Distortion-Aufnahme dauern alle Partialtöne so lange an, dass selbst das Vibrato in den obersten Teiltönen noch hörbar bzw. ablesbar ist. Es werden also nicht alle Teiltöne gleichmäßig verstärkt, sondern bevorzugt die Bässe (60-250 Hz) und Mitten (250 Hz-6 kHz); bei zunehmender Verzerrung auch die Höhen (6-12 kHz) durch verstärkte höhere Partialtöne bis in den Präsenzbereich (12-20 kHz). Das Signal wird nicht nur, wie in der Literatur beschrieben, global komprimiert, sondern die Kompression nimmt je nach Verzerrungsgrad Bezug auf einen Bereich von Teiltönen. Ferner wird deutlich, dass der Röhrenverstärker – anders als ein Equalizer oder Kompressor – vor allem die periodischen Schwingungen intensiviert und weniger gesamte Frequenzbereiche.

Die physikalische Betrachtung liefert erste Erklärungen für die spezifische Klangcharakteristik der Gitarrenverzerrung, die aber nur indirekte Rückschlüsse auf die Wahrnehmung zulässt. Nach Berger und Fales (2005) bewirkt Verzerrung eine Geräuschhaftigkeit, die den Ton umgibt und ihm einen rauen Klangcharakter verleiht. Erhöhte Geräuschanteile durch zunehmende Verzerrung würden zu einem »härteren« Wahrnehmungseindruck führen (vgl. ebd.: 192). Einerseits korrespondiere diese Härte mit einer geringeren Dynamik und andererseits mit Veränderungen des Frequenzbereichs des Instruments wie auch des Geräuschbandes (vgl. ebd.: 193).

Ein spektralanalytischer Vergleich (Abb. 2) kann die Ergebnisse von Berger und Fales (2005) teilweise bestätigen. In beiden Aufnahmen haben die Partialtöne dieselbe Form; das Anschlaggeräusch wird durch die Verzerrung in der Einschwingphase etwas stärker hervorgehoben (vgl. Einbrodt 1997: 172ff.), in der Ausschwingphase ist die Veränderung weniger deutlich. Die Frequenzbereiche zwischen den Partialtönen sind durch Verzerrung etwas lauter und geräuschhafter, was an den nichtperiodisch schwingenden Punkten zu erkennen ist (vgl. Fricke/Louven 2009: 424). Auch »fransen« die Partialtöne des stark verzerrten Signals geringfügig mehr aus, was auf ein den musikalischen Ton umgebendes Geräusch hinweist.

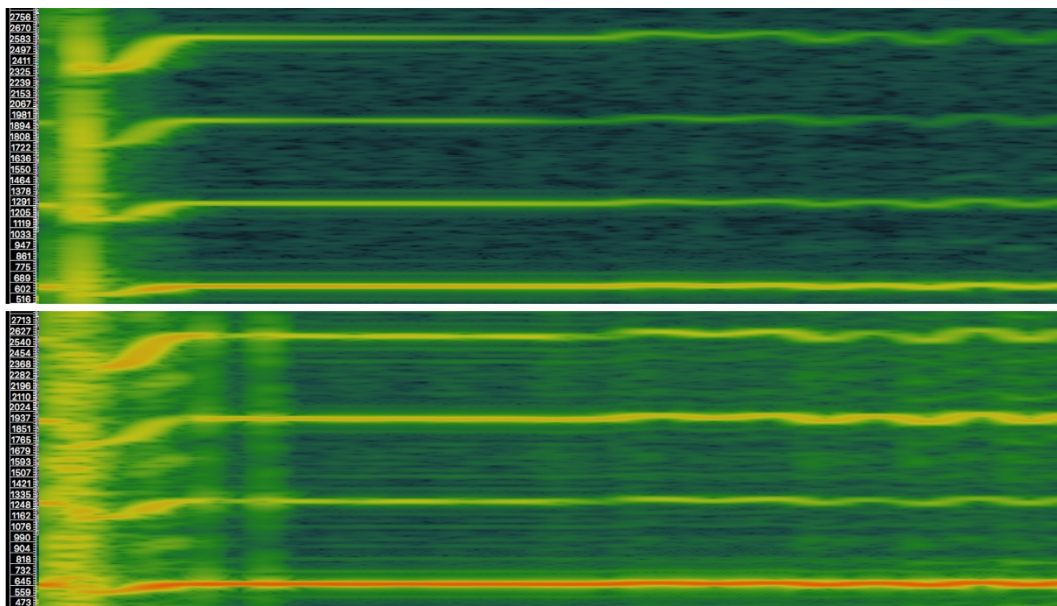


Abb. 2: Spektrogramme der ersten vier Harmonischen eines unverzerrten (oben) und stark verzerrten (unten) Tons E5 (Les Paul)

Diese Beobachtung steht im Einklang mit Manfred Zollners (2014) elektrotechnischen Untersuchungen zum E-Gitarrensound, wonach die Geräuschhaftigkeit der Gitarrenverzerrung durch die inharmonische Spreizung der Saitenschwingung entsteht. Abweichende Teilschwingungen von wenigen Hertz neben der eigentlichen Schwingung erzeugen nach Zollner (vgl. ebd.: 10-221ff.) ein periodisches Geräuschband (»Pseudo-Noise«). Da die inharmonischen Teilschwingungen Reibung erzeugten, entstehe ein geräuschhafter Klang, d. h. der Klang werde durch zusätzliches Rauschen überlagert. Dieses Rauschen werde als »kratzender« oder »sägender« Klang empfunden, der charakteristisch für die verzerrte E-Gitarre sei (vgl. ebd.).

In der menschlichen Wahrnehmung wird der Bereich zwischen angenehmer Konsonanz und dissonanter Schwebung als Rauheit wahrgenommen (vgl.

Pierce 1985: 67). Bei zwei identischen Tönen sind keine Schwebungen wahrnehmbar. Rücken die Frequenzen etwas auseinander, werden Schwebungen empfunden, ähnlich wie bei zwei leicht unterschiedlich gestimmten Gitarrensaiten auf denen gleiche Töne angeschlagen werden. Sobald sich die Frequenzen weiter entfernen und die Schwebung nicht mehr zu hören ist, entsteht eine raue Klangfarbe, die ein bestimmender Aspekt von Dissonanz in der Störungstheorie nach Hermann von Helmholtz (1913) ist. Dieses akustische Erklärungsmodell wurde von Reinier Plomp und Willem Levelt (1965) psychoakustisch erweitert, indem sie die »kritische Bandbreite« einführten: Ein Frequenzbereich, in dem Rauheit durch unzureichende neuronale Auflösung wahrgenommen wird. Im Hörbereich zwischen 20 Hz und 16 kHz kann das Gehör 24 Frequenzgruppen wahrnehmen (vgl. Barkowsky 2009: 51). Treffen mehrere Teiltöne in der Basilarmembran auf eine Frequenzgruppe innerhalb der kritischen Bandbreite, können sie nicht differenziert aufgelöst werden (vgl. Pierce 1985: 80; Hall 2008: 384ff.). Allerdings nimmt das menschliche Gehör nicht linear wahr (vgl. Fletcher/Munson 1933), weshalb auch die Frequenzauflösung nicht einheitlich ist. Bei tiefen Tönen ist die Bandbreite größer, was in der Praxis dazu führt, dass tiefe Töne tonal schlechter differenzierbar sind und konsonante Intervalle in tiefer Frequenz weniger angenehm klingen (vgl. Roederer 2000: 204; Senn 2007: 203). In den hohen Frequenzen ist die Bandbreite schmaler, daher liegen Obertöne generell etwa ab dem sechsten Oberton in der kritischen Bandbreite und können kaum mehr als einzelne Töne gehört werden (vgl. Roederer 2000: 147f; Hall 2008: 400). Stattdessen werden sie als »mehr oder weniger starke Rauheit des Tons empfunden« (Spitzer 2002: 101).

Das diskutierte Beispiel zeigt im Paradigma der Störtheorien (vgl. Fricke 2004) – auf dem alle derzeit bestehenden Studien zur Gitarrenverzerrung beruhen –, wie ein einzelner Ton seine (raue) Klangfarbe durch die Lage und Intensität seiner verschiedenen Teiltöne erlangt. Töne werden »als besonders hart und schwirrend [empfunden], wenn sehr viele Partialtöne innerhalb einer Frequenzgruppe oder kritischen Bandbreite liegen« oder wenn die »Frequenzen einiger Partialtöne sehr dicht beieinander liegen« (Pierce 1985: 158). Wie die Spektralanalysen messtechnisch nachweisen, erhöhen sich die Intensität und die Dauer der Partialtöne durch die Verzerrung, so dass entsprechend des Verzerrungsgrades zunehmend höhere Partialtöne im Klang hörbar werden. Rauheit wird zum einen durch die undifferenziert wahrgenommenen höheren Partialtöne in den hohen Frequenzen erzeugt (vgl. Plomp/Levelt 1965) und zum anderen durch eine Dissonanzverstärkung obertonreicher Klangfarben, wie sie Wolfgang Voigt (1985: 212) für ein Orchesterinstrumentarium nachweist. Dies begründet, weshalb stark verzerrte

Sounds rauer bzw. dissonanter als weniger verzerrte klingen. Da bereits ab dem sechsten Oberton die Auflösung nicht mehr gewährleistet ist (vgl. Hall 2008: 400; Roederer 2000: 147f.), betrifft die wahrgenommene Rauheit nicht ausschließlich hohe Töne.

Weitere Anzeichen für diesen Erklärungsansatz lassen sich in Untersuchungen zur Gesangsstimme finden. Tilo Hähnel, Tobias Marx und Martin Pfeiderer (2014: 17f.) bestimmen Rauheit im Gesang ebenfalls durch die kritische Bandbreite. Durch unsauberes Singen bzw. das nicht vollständige Schließen der Stimmlippen entstünden Schwingungen, die nicht den harmonischen Vielfachen entsprächen und eine zweite überlagernde Schwingung entstehen ließen (vgl. ebd.). Eine entsprechende Spektraldarstellung der Autoren zeigt nicht-harmonische Nebenschwingungen im Gesang. Die Darstellung des verzerrten Gitarrensounds (Abb. 2) demonstriert in ähnlicher Weise einen lauterem, geräuschhaften Frequenzbereich um die einzelnen Partialtöne. Diese inharmonischen Teiltöne werden nach Zollners (2014) Erklärungsansatz durch die Kompression in der Verzerrung besser wahrnehmbar. Das so entstandene geräuschhafte Teiltongemisch fällt in die kritische Bandbreite und trägt zur empfundenen Rauheit bei. Somit erfassen die experimentellen Studien mit einer psychoakustischen Betrachtung den Zusammenhang von Klangeigenschaft und Wahrnehmungsqualität der Verzerrung detaillierter. Die in der Literatur allgemein anerkannten Kriterien der Verzerrung greifen zu kurz, wenn psychoakustische Aspekte nicht ausreichend berücksichtigt werden.

4. Wirkung der Verzerrung bei Akkorden

Die akustischen und psychoakustischen Auswirkungen von Gitarrenverzerrung auf die Wahrnehmung von Intervallen und Akkorden sind bislang kaum erforscht. Insbesondere steht noch eine systematische Analyse des Zusammenhangs von harmonischer Struktur und Wirkungsweise aus. Um diesem Desiderat nachzukommen und eine empirische Grundlage für die Überlegungen zu schaffen, weshalb sich diverse Akkordstrukturen im Rock und Metal durchgesetzt haben, wurden Aufnahmen eines C₃ (131 Hz) Tons, eines C⁵ Powerchords (Grundton und Quinte), eines C-Dur und C-Moll sowie eines C^{7#9} Akkords mit drei Verstärkereinstellungen erstellt (Abb. 3).

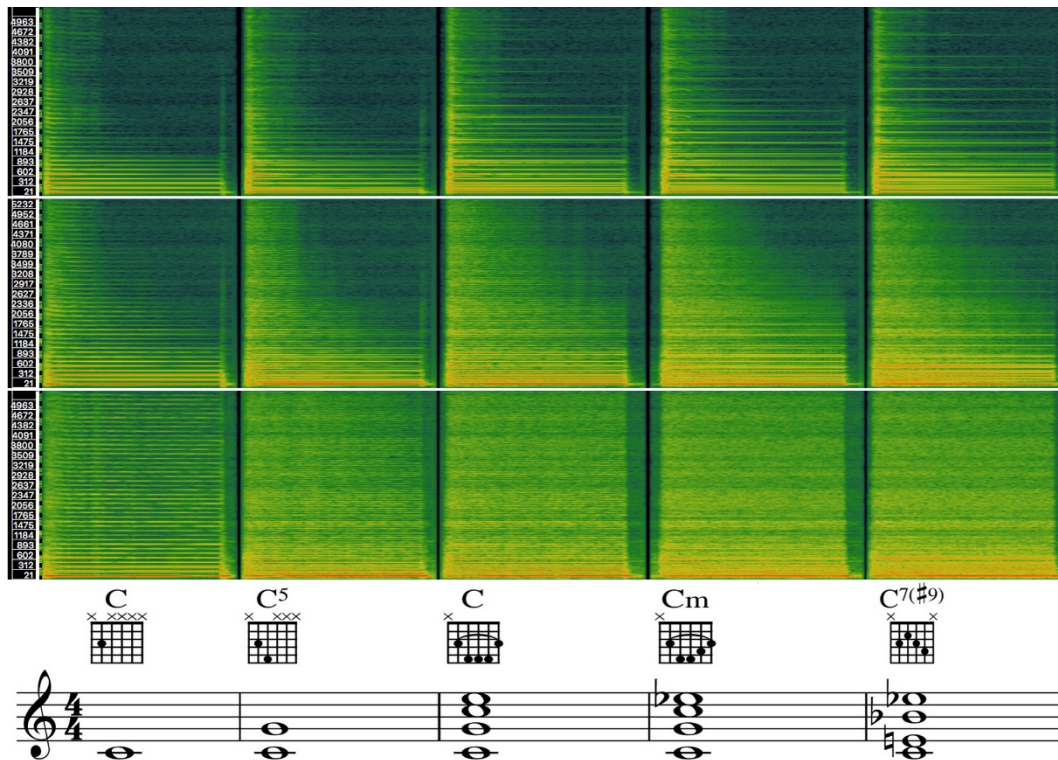


Abb. 3: Spektralanalytischer Vergleich von Akkordklangfarben (Stratocaster). Oben: Clean, Mitte: Overdrive, unten: Distortion

Global betrachtet wird die zuvor herausgestellte frequenzabhängige Kompression bestätigt. Innerhalb der jeweiligen Verstärkerkonfiguration zeigt sich zusätzlich, dass ein Hinzufügen von Primärtönen dazu führt, dass die Obertöne nicht nur intensiviert, sondern auch komprimiert werden und entsprechend länger klingen. Den Höreindruck berücksichtigend kann vermutet werden, dass hinzugefügte Töne mehr spektrale Energie erzeugen und eine Übersteuerung begünstigen. Es scheint allerdings eine Grenze zu geben, denn die Dreiklänge C-Dur und C-Moll unterscheiden sich kaum vom Vierklang C^{7#9} (ohne Quinte).

Durch die Verzerrung verändern sich die spektrale Energieverteilung und das Obertonverhalten des Klanges, da harmonische Vielfache hinzugefügt oder intensiviert werden, die in höheren Frequenzbereichen dissonante Teiltöne hervorbringen. Diese Veränderung der Klangzusammensetzung bewirkt mit der Kompression einen volleren Sound. Je ausgeprägter die Verzerrung, umso mehr dissonante Teil- und Kombinationstöne werden im Tongemisch eines Akkordes hörbar, sodass der »angenehm« klingende Sound zunehmend dissonanter werden kann (vgl. Einbrodt 1997: 160-165). Gemäß der Störtheorie beeinflusst dabei die harmonische Struktur des gespielten Akkordes, wie viel Verzerrung noch angenehm ist, wobei die Empfindungen

äußerst verschieden sein können (vgl. ebd.). Eine steigende Anzahl von Akkordtönen erhöht allerdings die Zahl potenziell dissonanter Teiltöne.

Ein harmonischer und wirkungsvoller Sonderfall des E-Gitarrenspiels ist der »Powerchord« (2. Klang in Abb. 3). Nur aus Grundton, Quinte und optional einer Oktave bestehend, ist dieser Akkord harmonisch unbestimmt – auch wenn Lilja (2005: 16; 2015: 395) in seiner Analyse zu einem anderen Ergebnis kommt. Er argumentiert, dass durch die verstärkten Obertöne eine große Terz wahrgenommen werde, die den Powerchords einen latenten Dur-Charakter gebe. Seine Überlegungen sind ausgehend von der Terz als fünftem Ton der Obertonreihe schlüssig, dennoch bleibt zu beachten, dass die Schwingungen ab etwa diesem Oberton in der kritischen Bandbreite liegen und nicht in jedem Fall tonal differenziert werden können (vgl. Hall 2008: 400). Nach dieser Argumentation weisen außerdem alle Einzeltöne einen Dur-Charakter auf, was bei mehrstimmigem Material ein komplexes Akkordcluster bilden würde, wenn der menschliche Wahrnehmungsapparat die Obertöne derart detailliert auflösen könnte.

Breiter Konsens besteht dagegen in der Ansicht, dass sich Powerchords optimal für verzerrtes Spiel eignen, weil reine Intervalle wie Oktave, Quinte oder Quarte dank des einfachen Intervallverhältnisses mehr konsonante Teiltöne bei Verzerrung hervorbringen (vgl. Einbrodt 1997: 161; Lilja 2005: 10f.). Auch viel Verzerrung bewirke kaum Dissonanz, sondern durch die verzerrungsbedingten intensiven Harmonischen entstehe ein voller Klangeindruck. Die experimentelle Aufnahme bestätigt dies in der harmonischen Struktur der lauten ersten sieben Teiltöne der Distortion-Gitarre bezogen auf den Grundton C: Primärtöne C3 und Quinte G3 sowie als Obertöne die Oktave C4, die leise Dezime E4, die Duodezime G4, eine leise Tredezime A4 und eine sehr laute Doppeloktave C5. Demgegenüber fehlen bei der Clean-Gitarre die beiden leisen Teiltöne der verzerrten Aufnahme, die Dezime E4 und die Tredezime A4.

Klingen mehrere Töne zusammen, werden einem Klang unter bestimmten Voraussetzungen, sei es große Lautstärke oder nichtlineare Übertragung (vgl. Fricke 2004), tiefere Residualtöne (vgl. Schouten 1940) in der Kognition, aber auch physikalisch messbare Kombinations- und Differenztöne, zugefügt (vgl. Roederer 2000: 45ff.). Bei einem Powerchord beträgt der Differenzton eine tiefere Oktave zum Grundton. Der spektrale Vergleich verdeutlicht, dass nur in den verzerrten Aufnahmen eine tiefere Oktave (C2) messbar ist, deren Lautstärke ungefähr der Duodezime und Doppeloktave entspricht. Damit unterstützt das Ergebnis die Beobachtung Liljas (2015), dass die Kombinationstöne der verzerrten E-Gitarre messbar sind. Weiterhin vertieft es die unklaren Ausführungen Walsers (1993: 43), der vage bleibt,

ob der Oktaven-Differenzton ein psychoakustischer Residualton oder ein akustischer Differenzton ist, und es widerlegt Berger und Fales (2005: 194) rein psychoakustische Argumentation. Die volle Klangwirkung wird demnach vor allem von der physikalisch hinzugefügten tieferen Oktave geprägt (vgl. auch Einbrodt 1997: 163). Der raue »kratzend-sägende« Klangeindruck erklärt sich neben den zahlreichen Partialtönen in der kritischen Bandbreite auch durch das vergrößerte inharmonische Spektrum der Saitenschwingungen (vgl. Zollner 2014) und die erhöhte Geräuschhaftigkeit der umwickelten Saiten (vgl. Einbrodt 1997: 30). Der Umstand, dass die Frequenzen der ungeradzahligen Partialtöne der Quinte zwischen denen der Tonika liegen, trägt ebenfalls zur Rauheit bei (vgl. Roederer 2000: 201).

Der Umgang mit Dreiklängen unterliegt im E-Gitarrenspiel stilistischen Konventionen. Während im Heavy Metal seltenen von ihnen Gebrauch gemacht wird, basieren viele Rockriffs in Anlehnung an Vorbilder wie Led Zepelin, Van Halen oder AC/DC auf Dreiklängen (vgl. Cope 2010; Elflein 2010; Lilja 2015). Lilja kommt in seiner Analyse von Dreiklangstrukturen zu einem widersprüchlichen Ergebnis. Ausgehend von einer *theoretischen* Betrachtung der Partialtöne argumentiert er, dass die gespielte Terz in einem Durdreiklang größere Dissonanz als die psychoakustisch wahrgenommene Terz in einem Powerchord bewirke (vgl. Lilja 2005: 16ff.); *spektrumanalytisch* kommt er jedoch zu dem Ergebnis, dass beide Akkorde wahrnehmungspsychologisch nahezu identisch seien (vgl. Lilja 2015: 396). Gemäß der Obertonreihe bilden die ersten fünf Partialtöne einen Dur- und die ersten sieben einen Dominantseptakkord (vgl. Roederer 2000: 131ff.). Dissonante Teiltöne entstehen deshalb erst später in größerem Umfang und die ersten Partialtöne liegen nicht in der für die Rauheit verantwortlichen kritischen Bandbreite. Dies trifft jedoch nicht auf Akkorde zu, bei denen jeder Akkordton Teiltöne produziert und chromatische Reibungen früher in der Obertonreihe entstehen. Der experimentelle Vergleich beider Akkorde verdeutlicht, dass Verzerrung Teiltöne sowohl inner- als auch außerhalb der kritischen Bandbreite hinzufügt, die im unverzerrten Klang nicht zu finden sind: die kleine Septime *Bb4*, den Tritonus *F#5* sowie mehrere leise Partialtöne im Halbtonabstand ab dem Oberton *E5*. Die Dreiklangsterz sorgt also grundsätzlich für Dissonanz im verzerrten Sound, wodurch Liljas (2005) *theoretische* Erklärung bestätigt wird, dass Durdreiklänge und Powerchords nicht identisch klingen. Ein weiterer möglicher Faktor ist die Verstimmung im temperierten Tonsystem, aufgrund derer Reibungen zwischen natürlichen Teiltönen und temperiert gestimmten Primärtönen mitsamt ihren Teilschwingungen entstehen. Diese Reibung entsteht weniger bei reinen als bei konsonanten und dissonanten Intervallen, sodass Powerchords nicht davon betroffen sind.

Verzerrte Mollakkorde weisen Lilja (2005: 20) und Einbrodt (1997: 160ff.) zufolge einen dissonanteren Charakter auf, weil die Intervallverhältnisse komplexer sind und mehr chromatische Reibungen entstehen. Das Spektrogramm bestätigt diese Ergebnisse, enthüllt darüber hinaus ein weiteres, in der Literatur bislang nicht thematisiertes Phänomen. Während in der unverzerrten Aufnahme die Partialtöne ebenso klar im Moll- wie im Durakkord abgebildet werden, sind die Teiltöne im verzerrten Mollakkord diffus und nicht eindeutig Tönen zuzuordnen. Selbst die gegriffenen Töne verlieren ihre klare Schwingungsstruktur. Deshalb scheint sowohl das erhöhte Zusammenprallen von chromatischen Tönen als auch das wenig transparente Klangbild das Konsonanzempfinden verzerrter Molldreiklänge zu schmälern. Das Ergebnis steht im Einklang mit denen Einbrodts (1997: 163), der in seiner experimentellen Studie eines E-Mollakkords feststellt, dass die Intervalle kaum mehr wahrnehmbar seien und einem »kratzenden Geräusch« gleichen.

Die Umkehrung von Dreiklängen ist ein weiterer bislang vernachlässigter Punkt in der Forschung zu verzerrten Akkordklängen, deren Empfindung psychoakustisch erklärt werden kann. Einen weitgehend harmonischen Zusammenklang hat die Terz als Diskant im Akkord, weil sie erst in höheren Teiltönen dissonante Klanganteile beimischt. Dessen ungeachtet wird die Terz im Hard Rock auch auf der tiefsten gespielten Saite, oft im Rahmen eines Basslaufes, verwendet. Dabei ist das Konsonanzempfinden aus Perspektive der Störtheorie stärker, wenn die Terz im Bass einen größeren Abstand zum nachfolgenden Ton aufweist, da die Teiltöne in oberen Lagen weniger Dissonanz erzeugen (vgl. Roederer 2000: 204). Diese Argumentation steht im Einklang mit Voigts (1985: 212) Feststellung, dass die Rauheit dissonanter Intervalle reduziert werden könne, »wenn die Einzeltöne weiter auseinandergelegt, räumlich getrennt« werden.

Der letzte Klang in Abbildung 3 ist der oft als Hendrix-Akkord bezeichnete Dominantseptakkord mit übermäßiger None ohne Quinte (zu hören etwa im Verse von »Purple Haze«). Das Akkordvoicing bildet eine enge Lage, wodurch die Primär- wie auch die Partialtöne nah beisammen liegen. Hierdurch entsteht eine Reibung zwischen der großen Terz $G\sharp$ und der übermäßigen None $F\sharp$, die aufgrund ihrer Oktavengleichwertigkeit (vgl. Hall 2008: 384f.) als Halbtonintervall empfunden werden. Folglich besitzt der Akkord durch das Tritonusintervall zwischen der Terz und Septime und durch die empfundene kleine Sekundreibung zwischen der übermäßigen None und der großen Terz eine musikstrukturell bedingte natürliche Spannung (vgl. Ebeling 2007: 102f.). Höranalytisch weist der Akkord in der Aufnahme der Overdrive-Gitarre die raue Klangfarbe der Verzerrung auf, aller-

dings sind die einzelnen Akkordtöne noch differenzierbar und die gefühlte Dissonanz ist nur unwesentlich größer als bei der unverzerrten Aufnahme. Dieser Eindruck ändert sich bei der starken Verzerrung des Distortion-Sounds, welche die Klangfarbe kratzig und schrill werden lässt. Während die einzelnen Töne des Durakkordes im Gehör noch aufgelöst werden können, lässt der alterierte Septakkord dies kaum mehr zu. Es wird lediglich ein verzerrter, rauer und dissonanter Gesamtklang wahrgenommen. Im Spektrogramm überträgt sich der unscharfe Charakter des Mollakkordes auf den Dominantseptakkord. Die einzelnen Teiltöne sind ab dem Grundton verschwommen und kaum differenzierbar. Außerdem entstehen noch mehr chromatische Reibungen in den Obertönen, die den ohnehin spannungsreichen Charakter des Akkordes weiter verstärken (vgl. Barkowsky 2009: 200). Im verzerrten Sound können die Töne aufgrund der kritischen Bandbreite schlechter differenziert werden. Sobald die Komplexität des Zusammenklangs eine bestimmte Schwelle überschreitet, versagt der neuronale Wirkungsmechanismus und ist nicht mehr in der Lage, Tonhöhe und Klangfarbe differenziert aufzulösen, sodass das Klangereignis als Geräusch empfunden wird (vgl. Roederer 2000: 208). Um jeden Teilton herum tritt zusätzlich eine Geräuschhaftigkeit ein (vgl. Zollner 2014: 10-221ff.), die in der stark verzerrten Aufnahme des Septakkordes dazu führt, dass diese Geräuschanteile fast so laut wie die Partialtöne sind. Auch in der Overdrive-Gitarre sind geräuschhafte Frequenzen angehoben, im Verhältnis jedoch weniger intensiv. Deshalb klingt der Akkord zwar rau, aber nur geringfügig dissonanter als musikstrukturell bedingt.

Eine psychoakustische Erweiterung der Störtheorie nach Helmholtz (1913) wurde von Ernst Terhardt (1976/77) und Wolfgang Aures (1985) vorgenommen. Sie stellen akustischen Aspekten der Obertonzusammensetzung das Konzept eines »sensorischen Wohlklangs« zur Seite. Hiernach vermindere Rauheit, Schärfe und große Lautstärke den Wohlklang, während ihn Klanghaftigkeit erhöhe (vgl. Aures 1985). Für die Analyse wurden diese vier zentralen Empfindungsgrößen durch mehrere Analyseparameter operationalisiert, die mit *Music Information Retrieval* Technologie gemessen werden können. Rauheit (Roughness) bezeichnet die Reibung naheliegender Teiltöne in einem kritischen Band in der Basilarmembran. Sie ist nach Helmholtz (1913) sowie Plomp und Levelt (1965) der ausschlaggebende Faktor für Dissonanz. Schärfe besteht aus zwei Parametern. Während Helligkeit (Brightness) die Energieintensität über einer »Cut-Off«-Frequenz von 1.500 Hz bemisst, kennzeichnet der spektrale Mittelpunkt (Spectral Centroid) die durchschnittliche Frequenz des Spektrums. In der Lautstärkemessung wird die psychoakustische Skala »Sone« bestimmt, die neben dem Volumen auch

subjektive Aspekte wie Schärfe berücksichtigt. Ferner kennzeichnet die mittlere spektrale Fluktuationsstärke (Spectral Flux) die Lautstärkeschwankungen im Leistungsspektrum. Klanglichkeit (Tonal Energy) bezeichnet die Nähe der Teiltöne zur Obertonreihe.

Gemäß dem theoretischen Rahmen und seiner Operationalisierung dient eine Feature-Analyse (Tab. 1) der in Abbildung 3 dargestellten Klänge dazu, die diskutierten Theorien zu ergänzen.

Tab. 1: Feature-Analyse von Intervallen und Akkorden mit verschiedenen Klangkonfigurationen mit Matlab und den MIR-, TSM- und Loudness-Toolboxes

	Rauheit	Schärfe		Lautstärke		Klanglichkeit
Name	Roughness	Brightness	Spectral Centroid	Loudness Sone	Spectral Flux Mean	Tonal Energy
Clean Grundton	248,21	45,55	657,32	346,53	19,14	0,88
Overdrive Grundton	354,18	57,00	601,14	423,80	32,60	0,91
Distortion Grundton	263,31	257,21	1.076,35	438,59	53,15	0,90
Clean Powerchord	485,94	80,58	751,03	250,19	16,47	0,70
Overdrive Powerchord	2.602,42	80,25	663,70	351,71	33,26	0,67
Distortion Powerchord	2.856,01	275,43	1.101,65	388,55	70,08	0,53
Clean Dur	702,12	131,57	864,42	312,31	19,16	0,70
Overdrive Dur	2.776,48	127,85	780,14	414,80	47,26	0,66
Distortion Dur	2.266,67	364,19	1.255,32	426,87	89,76	0,59
Clean Moll	896,85	124,61	844,36	347,53	26,16	0,74
Overdrive Moll	2.013,29	130,58	776,68	406,43	57,18	0,70
Distortion Moll	1.653,72	343,01	1.211,24	420,35	129,82	0,61
Clean Dom7#9	347,40	134,83	885,33	265,40	24,53	0,64
Overdrive Dom7#9	1.649,23	113,78	759,65	400,05	80,43	0,50
Distortion Dom7#9	1.548,33	289,86	1.130,45	410,73	141,26	0,51

Anmerkung: Rot markiert die niedrigsten, grün die höchsten Werte; die Graustufen den Grad der Verzerrung

Die Werte der Rauheit überraschen aus zwei Gründen: Erstens steigt sie mit Verzerrung zwar an, dennoch entspricht der höchste Verzerrungsgrad in nur einem Beispiel der größten Rauheit, zweitens verfügen die gemäß der Theorie konsonantesten Zusammenklänge wie Quinten und Durakkorde über die größte Rauheit im verzerrten Sound. Eine mögliche Erklärung liegt im Kernbereich von Rauheit zwischen 20 und 300 Hz (vgl. Zwicker/Fastl 2007: 257). Dieser Bereich wird durch Verzerrung proportional weniger stark als höhere Frequenzen verstärkt, zudem befinden sich die Primärtöne der Terzen und Erweiterungstöne der Dur-, Moll- und Dominantakkorde der Beispielaufnahmen über diesem Frequenzwert. Hiermit ist zwar eine Erklärung für die vergleichsweise geringe Rauheit komplexer Akkorde gefunden, nicht aber für die größte Rauheit mittelstark verzerrter Klänge. Bezüglich der Schärfeparameter, bei denen ein höherer Verzerrungsgrad meist mit einer schärferen Klangfarbe einhergeht, kann mit Verweis auf Voigt (1985: 207) und Ebeling (2007: 49) vermutet werden, dass die helle Klangfarbe wesentlich zum gesteigerten Dissonanzempfinden der verzerrten E-Gitarre beiträgt. Dagegen ist die aus Obertönen resultierende Rauheit in impulsmustertheoretischen Konsonanzmodellen (vgl. Ebeling 2007) nur ein untergeordneter Faktor für die Bestimmung von Konsonanz und Dissonanz. Die übrigen Elemente des sensorischen Wohlklangs wie Schärfe, Lautstärke und Klanglichkeit bzw. eine geringe Maskierung sind ausschlaggebender für Dissonanz. Diese Elemente stehen zum Teil im Einklang mit den theoretischen Überlegungen und spektralen Analysen des verzerrten Gitarrensounds. Beispielsweise sind verzerrte Powerchords und Durakkorde gemäß den Messwerten zwar rauer als Moll- oder alterierte Septakkorde, unterliegen jedoch nicht so großen Lautstärkeschwankungen im Leistungsspektrum. Bezüglich der Klanglichkeit bestätigt sich mit Einschränkungen die spektrale Argumentation, dass Akkorde mit komplexen Intervallverhältnissen wie der alterierte Dominantseptakkord weniger klar aufgelöst werden können. Diesem Erklärungsansatz folgend bleibt jedoch ungeklärt, weshalb der sehr verzerrte Powerchord eine ähnlich geringe Klanglichkeit aufweist und damit eine grobe Einteilung nach 1. Einzeltönen, 2. Zwei- und Dreiklängen sowie 3. Vierklängen verhindert. Eine größere Konsonanz verzerrter Dur- gegenüber Mollakkorde ist der Feature-Analyse nicht zu entnehmen.

Weiterhin ist kein eindeutiger Trend feststellbar, ob die größten Veränderungen zwischen Clean und Overdrive oder zwischen Overdrive und Distortion eintreten. Während die Rauheit bei Overdrive stark zunimmt und erheblich von der Intervallstruktur abhängt, reagieren die Parameter Helligkeit und das mittlere Frequenzspektrum besonders auf den Verzerrungsgrad. Eine Schlüsselrolle könnte die Lautstärkeschwankung im Leistungsspektrum

einnehmen, deren Messwerte der theoretisch angenommenen Konsonanzhierarchie (vgl. Stumpf 1965: 176; Ebeling 2007: 102f.) entsprechen. Dies könnte darauf hindeuten, dass für die psychoakustische Empfindung der verzerrten E-Gitarre vor allem wechselhafte Lautstärkeintensitäten ausschlaggebend sind, die durch eine komplexere Primär- und Teiltonstruktur sowie einen obertonreichen Klang begünstigt werden.

5. Analyse exemplarischer Rockgitarrenriffs

5.1 Powerchord-Riffs – »Paranoid«

Der besondere Zusammenklang reiner Intervalle bei einer verzerrten Klangfarbe hat den Powerchord zu einem der wesentlichen Gitarrengriffe avancieren lassen und führte in der Geschichte der Rockmusik zu Veränderungen der Kompositionsweise (vgl. Elflein 2010). Da die Harmonik gegenüber der Klangwirkung nebensächlicher wurde, mussten traditionelle Formprinzipien und Funktionsfortschreitungen nicht mehr beibehalten werden (vgl. Wandler 2012: 238f.). In der Rockmusik entwickelte sich aus dem bestimmenden ästhetischen Kriterium des verzerrten Gitarrensounds die riffbasierte Kompositionsweise (vgl. Elflein 2010: 73-76/300ff.; Cope 2010: 22f./66ff.). Ein frühes Beispiel für diese auf der Wirkung des Powerchords basierenden Rifforientierung ist »Paranoid« (1970) von Black Sabbath (Abb. 4).

Moderate ♩ = 164

The musical score for the 'Paranoid' riff is presented in two staves. The top staff is the guitar part, and the bottom staff is the bass part. The guitar part begins with a series of eighth notes, followed by a series of power chords (D5, G5, E5, C5). The bass part consists of eighth notes. The score is marked with 'f' (forte) and 'P.M.' (piano). The guitar part is marked with 'f' and 'P.M.' and includes a series of eighth notes. The bass part is marked with 'f' and 'P.M.' and includes a series of eighth notes. The score is marked with 'f' and 'P.M.' and includes a series of eighth notes.

Abb. 4: Ausschnitt eines Strophenriffs von »Paranoid«

Auf »vollständige« Akkorde wird in »Paranoid« gänzlich verzichtet. In der originalen Aufnahme bewirken zwei E-Gitarren zusammen mit dem ausschließlich Grundtöne spielenden Bass einen für die damalige Zeit äußerst kraftvollen Gesamtsound mit deutlichem Verzerrungsgrad. Die ausgehaltenen Powerchords klingen kräftig und verlieren im Ausklang kaum Lautstärke. Bei den Achtelnoten bewirkt das Abdämpfen der Saiten einen Stakkato-

Klang, der die schnell gespielten Noten differenziert erklingen lässt. Die Kompression, die Erweiterung des Bassbereiches und die hervorgehobenen Obertöne sorgen für einen vollen Sound einzelner Töne.

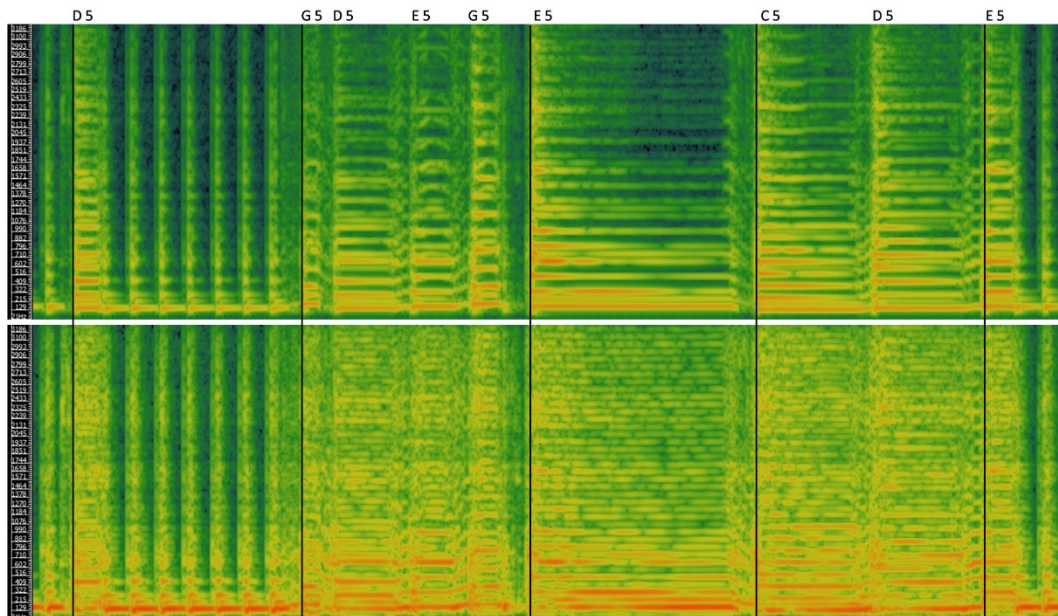


Abb. 5: Spektrogramme von »Paranoid« von 21 bis 3.100 Hz (Les Paul). Oben: Clean, unten: Overdrive

In den Experimentalaufnahmen (Abb. 5) ist der Grundton des mit drei Tönen gespielten Powerchords sowohl beim Overdrive- als auch beim Clean-Sound aufgrund der Dämpfung wesentlich lauter. In der verzerrten Aufnahme sind alle Töne intensiver, insbesondere hebt sich jedoch der kräftige Grundton ab. Entsprechend der allgemeinen Verzerrungscharakteristika klingen die Teiltöne der gehaltenen verzerrten Akkorde bis in die hohen Partialtöne über die gesamte Spieldauer intensiv und betonen die Geräuschhaftigkeit des Anschlags wie auch die einzelnen Teiltöne. Diese Klangcharakteristika sind für Berger und Fales (2005: 194) für die »Härte« des Gitarrensounds im Rock und Metal verantwortlich: »Distortion simulates the conversion of the guitar from an impulsive to a sustained or driven instrument, and this transformation may be part of the acoustic correlate to the perceptual experience of heaviness«. Der Höreindruck und der spektralanalytische Vergleich der beiden Aufnahmen bestätigen, dass die verzerrte Gitarre »härter« klingt. Ferner ist auffällig, dass die abgedämpften Töne in der verzerrten Aufnahme deutlich angehoben sind. Dies erklärt die kraftvolle Wirkung abgedämpfter Einzel- oder Akkordtöne und verdeutlicht, weshalb diese in Kombination mit Powerchords zu viel genutzten Kompositions- und Spieltechniken im Rock und Metal wurde. Das Abdämpfen dient zur Betonung des

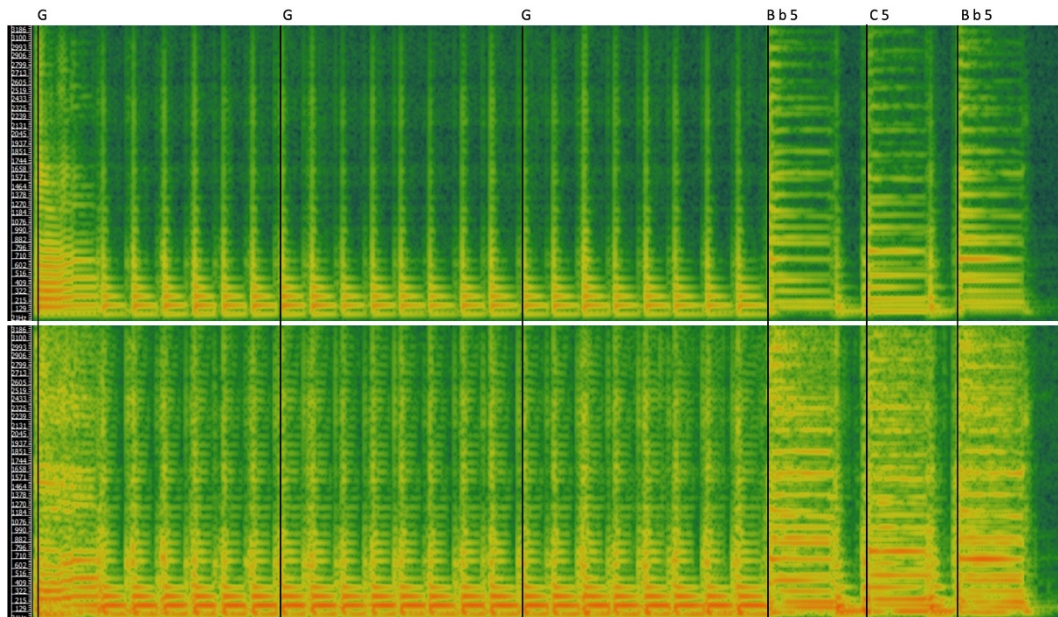


Abb. 7: Spektrogramme von »Highway Star« von 21 bis 3.100 Hz (Stratocaster). Oben: Clean, unten: Overdrive

Die darüber liegenden Partialtöne der Duodezime ($3f_0 = D4$, 294 Hz) und Doppeloktave ($4f_0 = G4$, 392 Hz) sind in der verzerrten Gitarre ebenfalls lauter und aufgrund der frequenzabhängigen Kompression auch langanhaltender; es entsteht ein voller Klangeindruck. Weitere Unterschiede existieren in den höheren Frequenzbereichen, wo die Partialtöne in der verzerrten Aufnahme intensiver sind und länger klingen. Gemeinsam mit der größeren und länger andauernden Geräuschhaftigkeit im Anschlag bleibt der verzerrte Sound präsent. Für den gefühlten Druck des Riffs sorgt die Bassbetonung der Grundtonoktave mit der psychoakustisch wahrgenommenen Verstärkung des über den Verstärker kaum wiedergegebenen Grundtons. Die obertonreichen Höhen bewirken eine aggressive Wirkung des Tons und sichern die Durchsetzungsfähigkeit der Gitarre gegenüber den Schlagzeugbecken. Bei dieser physikalischen Klangzusammensetzung mit ihrer psychoakustischen Wahrnehmung können einzelne verzerrte Töne auf der begleitenden Rockgitarre ausreichen.

5.3 Dreiklangs-Riffs – »Highway To Hell«

Ein Großteil früherer wie auch moderner Rock- und Metalriffs beschränkt sich auf die harmonisch einfachen Powerchords aufgrund des konsonanten Klangbildes bei verzerrten Sounds. Bei Dreiklängen hingegen sind harmonisch vielfältigere Klänge, Stimmführungsoptionen und melodischen Verzierungen möglich. Dissonanzerscheinungen bei der Anwendung von Verzerrung

können reduziert werden, wenn zuvor diskutierte psychoakustische »Richtlinien« beachtet werden. Ein Beispiel, das stellvertretend für den blues-beeinflussten Hard Rock seit den späten 1960er Jahren steht, ist »Highway To Hell« (1979) der australischen Band AC/DC (Abb. 8).

$\text{♩} = 116$

mf

A D/F# G5 D/F# A D/F# G5 D/F#

T 2 2 2 X 3 (3) 3 3 0 3 3 2 2 2 X 3 (3) 3 3 0 3 3

B 0 0 0 X 0 (2) 0 0 0 0 0 0 0 0 X 0 (2) 0 0 0 0 0

2 (2) 2 2 3 2 0 0 0 X 2 (2) 2 2 3 2

Abb. 8: Chorusriff von »Highway To Hell«

Im A-Dur Akkord ist die Terz der oberste gespielte Ton. Die Terz im D-Dur Akkord erklingt im Bass, der einen großen Abstand zum eng geführten Akkord in den Ober- und Mittelstimmen aufweist. Dementsprechend sollte die harmonische Qualität der Terz wahrgenommen werden, ohne dass sie das Konsonanzempfinden wesentlich beeinträchtigt.

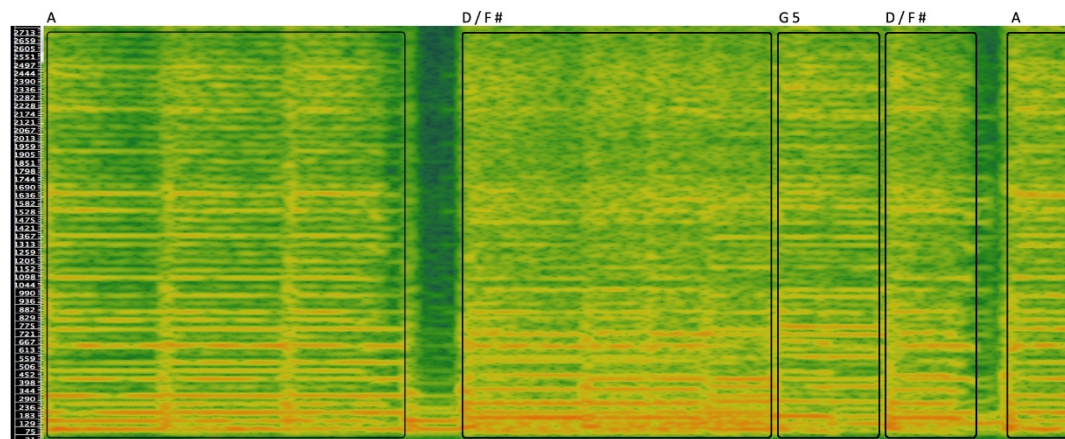


Abb. 9: Spektrogramm von »Highway To Hell« von 21 bis 2.700 Hz (Les Paul)

In einer experimentellen Aufnahme mit mittlerem Verzerrungsgrad (Abb. 9) entsteht ein kraftvoller, rauer und doch harmonischer Sound. Die spektrale Energieverteilung des ausklingenden A-Dur Akkords konzentriert sich auf die Primärtöne zwischen A2 (110 Hz) und C#4 (277 Hz) plus die nachfolgenden acht Teiltöne. Die ersten und gleichzeitig lautesten fünf Obertöne sind E4 (329 Hz), A4 (440 Hz), B4 (494 Hz), C#5 (554 Hz) und E5 (659 Hz). Vier der fünf Töne mit Ausnahme des B4 sind im Dreiklang enthalten und erzeugen

keinen komplexen Zusammenklang. Die drei etwas schwächeren darüber liegenden chromatischen Teiltöne *G*5 (784 Hz), *G*#5 (831 Hz) und *A*5 (880 Hz) fügen dem Klang allerdings Dissonanz hinzu und würden bei mehr Verzerrung deutlicher dem Gesamtklang beigemischt werden. Dagegen trägt die große Terz *C*# kaum zu Dissonanz bei, weil sie in der gegriffenen Höhe *C*#4 (277 Hz) eher leise ist und sich in der ersten Oktave nur leicht mit der None *B*4 (247 Hz) und in der Doppeloktave *C*#6 (1.109 Hz) mit keinem umliegenden Ton reibt.

Hinsichtlich der Umkehrung im Akkord *D/F*# kann der vermutete größere Abstand zwischen dem Basston *F*#2 (92 Hz) und dem Grundton *D*3 (147 Hz) im Spektrogramm nicht gemessen werden. Obwohl die A-Saite nicht gespielt wurde, schwingt der Ton *A*2 (110 Hz) als Differenzton im Klanggemisch mit. Dennoch unterscheidet sich der Dissonanzgrad trotz nah beieinanderliegender Teiltöne im tiefen Frequenzbereich, die vom Ohr nicht gut aufgelöst und somit als dissonant empfunden werden können (vgl. Roederer 2000: 204), nicht vom vorangegangenen A-Dur Akkord in Grundstellung. Allerdings gehört dieser Tonabstand, eine kleine Terz mit einem Intervallverhältnis von 6/5, zu den »unvollkommenen Konsonanzen« (vgl. Plomp/Levelt 1965) und ist daher nur leicht dissonant, auch in tieferen Lagen.

6. Schlussbetrachtung

Die vorliegende Studie untersuchte physikalische und psychoakustische Charakteristika des verzerrten E-Gitarrensounds als wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung idiomatischer Rhythmusspielweisen und Akkordstrukturen in der Rockmusik. Sie bietet neue Erkenntnisse zur frequenzabhängigen Kompression in Bezug auf melodisches und harmonisches Material und zu der damit in Verbindung stehenden rauen Wahrnehmung verzerrter Gitarrenklänge. Wie die experimentellen Vergleichsanalysen zeigen, müssen zeitliche Variablen in Bezug auf Intensitätsveränderungen von Frequenzen und Teiltönen beachtet werden. Sie prägen den charakteristischen Sound der E-Gitarre, ihre Spielweise, die Empfindung von Akkorden und somit das Rhythmusspiel. Außerdem sind die Kombinations- und Differenztöne der obertonreichen Klänge, ein großes Maß an Kompression, ein hoher Geräuschanteil sowie das inharmonische Spektrum der gespielten Saiten zu berücksichtigen. Psychoakustische Wahrnehmungsprozesse, bei denen sowohl die Rauheit als auch die scharfe Klangfarbe eine Rolle spielen, nehmen Einfluss auf das Konsonanzempfinden. Sie sorgen dafür, dass ein regulär als konsonant empfundenen Intervall einen dissonanten Eindruck erwecken

kann. Schwankende Lautstärkeintensitäten sind ein weiterer wesentlicher Faktor, der in vertiefenden Studien in Zusammenhang mit harmonischen Strukturen genauer untersucht werden sollte. In Ergänzung mit Hörstudien kann derart ermittelt werden, weshalb sich ein harmonisches Repertoire mit entsprechenden Spielweisen in der Rockmusik entwickelt hat. Die drei Fallstudien in dieser Untersuchung zeigten derweil explorativ, wie die Kombination aus physikalischen Charakteristika und psychoakustischen Wahrnehmungsbedingungen wesentliche, bis heute gebräuchliche, Spiel- und Kompositionsweisen im Rock und Metal auf der E-Gitarre entstehen ließ. Das Wissen über diese Soundmerkmale führt zu einem besseren Verständnis der genretypischen Merkmale und ergänzt die strukturellen Untersuchungen von Elflein (2010) und Cope (2010). Überdies liefern die Ergebnisse eine akustisch-empirische Grundlage, die auch bei kulturwissenschaftlich orientierten Forschungsansätzen hilfreich sein kann, um zwischen (psycho-)akustisch notwendigen Voraussetzungen von Rock und Metal Kompositionen und der intentionalen Verwendung von Struktur- und Soundmerkmalen zu unterscheiden.

Literatur

- Aures, Wolfgang (1985). »Der sensorische Wohlklang als Funktion psychoakustischer Empfindungsgrößen.« In: *Acustica* 58, Nr. 5, S. 282-290.
- Barkowsky, Johannes (2009). *Einführung in die musikalische Akustik*. Wilhelmshaven: Florian Noetzel.
- Berger, Harris M. / Fales, Cornelia (2005). »»Heaviness« in the Perception of Heavy Metal Guitar Timbres. The Match of Perceptual and Acoustic Features over Time.« In: *Wired for Sound. Engineering and Technologies in Sonic Cultures*. Hg. v. Paul D. Greene und Thomas Porcello. Middletown: Wesleyan University Press, S. 181-197.
- Brabec de Mori, Bernd (2008). »Distortion: Verzerrungen in der Rockmusik und in sozialen Gefügen. Auf der Suche nach ursächlichen Zusammenhängen.« Konferenzbeitrag im Arbeitskreis »Musik, Mode und Gender in ausgewählten Populärkulturen« im Rahmen der 4. Tage der Kultur- und Sozialanthropologie, Universität Wien, 11.4.2008, http://homepage.univie.ac.at/evelyne.puchegger-ebner/files/Publikationen/Bernd/2008-09-12_Distortion.pdf (Zugriff: 25.2.2016).
- Cook, Nicholas (2009). »Methods for analyzing recordings.« In: *The Cambridge Companion to Recorded Music*. Hg. v. ders. Cambridge: Cambridge University Press, S. 221-245.
- Cope, Andrew L. (2010). *Black Sabbath and the Rise of Heavy Metal Music*. Farnham: Ashgate.
- Driedger, Jonathan / Müller, Martin (2014). TSM Toolbox: MATLAB Implementations of Time-Scale Modification Algorithms. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Digital Audio Effects*. Erlangen, 2014, <http://www.dafx14.fau>.

- de/papers/dafx14_jonathan_driedger_tsm_toolbox_matlab_imple.pdf (Zugriff: 1.8.2016).
- Ebeling, Martin (2007). *Verschmelzung und neuronale Autokorrelation als Grundlage einer Konsonanztheorie*. Frankfurt/M.: Peter Lang.
- Einbrodt, Ulrich Dieter (1997). *Experimentelle Untersuchungen zum Gitarrensound in der Rockmusik*. Frankfurt/M.: Peter Lang.
- Elflein, Dietmar (2010). *Schwermetallanalysen: Die musikalische Sprache des Heavy Metal* (= texte zur populären musik 6). Bielefeld: transcript.
- Enders, Bernd (1985). *Lexikon Musikelektronik*. Zürich: Atlantis-Musikbuch-Verlag.
- Fletcher, Harvey / Munson, Wilden A. (1933). »Loudness, its Definition, Measurement and Calculation.« In: *Journal of the Acoustic Society of America*, 5, S. 82-108.
- Fricke, Jobst P. (2004). »Psychoakustik des Musikhörens. Was man von der Musik hört und wie man sie hört.« In: *Musikpsychologie* (= Handbuch der Systematischen Musikwissenschaft 3). Hg. v. Helga de la Motte-Haber und Günther Rötter. Laaber: Laaber, S. 101-154.
- Fricke, Jobst P. / Louven, Christoph (2009). »Psychoakustische Grundlagen des Musikhörens.« In: *Musikpsychologie. Das neue Handbuch*. Hg. v. Herbert Bruhn, Reinhard Kopiez und Andreas C. Lehmann. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (2. Aufl.), S. 413-436.
- Genesis (2009). Loudness Toolbox, http://genesisacoustics.com/en/loudness_online-32.html (Zugriff: 1.8.2016).
- Hähnel, Tilo / Marx, Tobias / Pfeleiderer, Martin (2014). »Methoden zur Analyse der vokalen Gestaltung populärer Musik.« In: *Samples 12*, <http://www.gfpm-samples.de/Samples12/haehneletal.pdf> (Zugriff: 25.2.2016).
- Hall, Donald E. (2008). *Musikalische Akustik. Ein Handbuch*. Mainz: Schott.
- Helmholtz, Hermann von (1913). *Die Lehre von den Tonempfindungen als Physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig: Vieweg (6. Aufl.).
- Lartillot, Olivier / Toiviainen, Petri (2007). A Matlab Toolbox for Music Feature Extraction From Audio. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Digital Audio Effects*. Bordeaux, 2007, <http://dafx.labri.fr/main/papers/p237.pdf> (Zugriff: 1.8.2016).
- Lemme, Helmut (1995). *Gitarren-Verstärker-Sound*. München: Pflaum Verlag.
- Licklider, Joseph C. R. (1951). »Basic Correlates of the Auditory Stimulus.« In: *Handbook of Experimental Psychology*. Hg. v. Stanley S. Stevens. New York: Wiley, S. 985-1039.
- Lilja, Esa (2005). *Characteristics of Heavy Metal Chord Structures. Their Acoustic and Modal Construction, and Relation to Modal and Tonal Context*. Licentiate Thesis. University of Helsinki, Faculty of Arts, Institute for Art Research, <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/19617/characte.pdf?sequence=2> (Zugriff: 25.2.2016).
- Lilja, Esa (2015). »Dealing with the 3rd: Anatomy of Distorted Chords and Subsequent Compositional Features of Classic Heavy Metal.« Vortrag auf der internationalen Tagung »Modern Heavy Metal - Markets, Practices and Cultures. Helsinki«, <http://iipc.utu.fi/MHM/Lilja2.pdf> (Zugriff: 25.2.2015).
- McAdams, Steven / Depalle, Philippe / Clarke, Eric (2004). »Analyzing Musical Sound.« In: *Empirical Musicology. Aims. Methods. Prospects*. Hg. v. Eric Clarke und Nicholas Cook. Oxford: Oxford University Press, S. 157-196.
- Mynett, Mark (2012). Achieving Intelligibility whilst Maintaining Heaviness when Producing Contemporary Metal Music. In: *Journal on the Art of Record Produc-*

- tion, Nr. 6, <http://arpjournal.com/achieving-intelligibility-whilst-maintaining-heaviness-when-producing-contemporary-metal-music> (Zugriff: 25.2.2015).
- Pierce, John R. (1985). *Klang. Musik mit den Ohren der Physik*. Heidelberg: Spektrum.
- Plomp, Reinier / Levelt, Willem J. M. (1965). »Tonal Consonance and Critical Bandwidth.« In: *Journal of the Acoustical Society of America* 38, Nr. 4, S. 548-560.
- Reuter, Christoph (2003). Wie und warum in der Geschichte der Klangforschung meistens am Klang vorbeigeforscht wurde. In: *Systematische Musikwissenschaft. Festschrift Jobst Peter Fricke zum 65. Geburtstag*. Hg. v. Wolfgang Niemöller. Frankfurt/M.: Peter Lang, S. 293-301.
- Roederer, Juan G. (2000). *Physikalische und psychoakustische Grundlagen der Musik*. Berlin: Springer (3. Aufl.).
- Schneider, Albrecht (2002). »Klanganalyse als Methodik der Populärmusikforschung.« In: *Musikwissenschaft und populäre Musik. Versuch einer Bestandsaufnahme*. Hg. v. Helmut Rösing, Albrecht Schneider und Martin Pfeleiderer (= Hamburger Jahrbuch für Musikwissenschaft 19). Frankfurt/M.: Peter Lang, S. 107-127.
- Schouten, John F. (1940). »The Residue, a New Component in Subjective Sound Analysis.« In: *Proceedings of Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen* 43, Nr. 3, S. 356-365.
- Senn, Oliver (2007). *Die Analyse von Tonaufnahmen. Konzepte und Methoden zur musikwissenschaftlichen Analyse von Tonaufnahmen — dargestellt an Sarah Vaughans Einspielung des Musicalhits »My Favorite Thing« von 1961*. Zürich: Studentendruckerei.
- Spitzer, Manfred (2009). *Musik im Kopf. Hören, Musizieren, Verstehen und Erleben im neuronalen Netzwerk*. Stuttgart: Schattauer.
- Stumpf, Carl (1965). *Tonpsychologie*. Hilversum: Knuf (Erstausgabe 1890).
- Terhardt, Ernst (1976/77). Ein psychoakustische begründetes Konzept der Musikalischen Konsonanz. In: *Acustica*, Nr. 36, S. 121-137.
- Voigt, Wolfgang (1985). *Dissonanz und Klangfarbe. Instrumentationsgeschichtliche und experimentelle Untersuchungen*. Bonn: Verlag für systematische Musikwissenschaft.
- Walser, Robert (1993). *Running with the Devil. Power, Gender, and Madness in Heavy Metal Music*. Hanover: Wesleyan University Press.
- Wandler, Heiko (2012). *Technologie und Sound in der Pop- und Rockmusik. Entwicklung der Musikelektronik und Auswirkungen auf Klangbild und Klangideal*. Osnabrück: epOs.
- Williams, Duncan (2015). »Tracking Timbral Changes in Metal Productions from 1990 to 2013.« In: *Metal Studies* 1, Nr. 1, S. 39-68.
- Zollner, Manfred (2014). *Physik der Elektrogitarre*. Regensburg: Hochschule Regensburg, Labor Elektroakustik, http://gitec-forum.de/GitecWP/wp-content/uploads/2015/04/Physik-der-Elektrogitarre_GITEC.pdf (Zugriff: 1.8.2016).
- Zwicker, Erhard / Fastl, Hugo (2007). *Psychoacoustics. Facts and Models*. Berlin: Springer.

Diskografie

AC/DC (1979): »Highway To Hell.« Auf: *Highway To Hell*, Atlantic 250628.

Black Sabbath (1970): »Paranoid.« Auf: *Paranoid*, Vertigo 6360 011.

Deep Purple (1972): »Highway Star.« Auf: *Machine Head*, Purple Records 1C062-93261.

Abstract

Distortion as a significant feature of electric guitar playing is indispensable to rock music. Despite its relevance for the genre, distortion has not received much academic attention so far. This article aims at two interrelated issues. Firstly, it analyses physical and psychoacoustic characteristics of guitar distortion. Secondly, the effect of distortion on rhythm guitar of early hard rock and heavy metal is examined. The experimental results highlight the relevance of temporal frequency development and spectral fluctuations while questioning the dominance of roughness as the primary factor of dissonance in research on the distorted electric guitar. The findings also extend our knowledge about the aspects contributing to the distorted guitar's distinct sound. The reasons lie mainly in frequency-related compression and the rough timbre due to the perception of partial and combination tones in the critical bandwidth and inharmonic string spectra. The outcome indicates that the interplay of physical and psychoacoustic aspects is essential for the development of genre-specific styles of guitar playing and riff construction.